Journal of Horticultural Science
https:// jhs.um.ac.ir

Research Article
Vol. 36, No. 1, Spring 2022, p. 319-328

The Effect of Ultraviolet (UV) Radiation on Photosynthetic Pigments and Biochemical Parameters of *Portulaca oleracea*

Z. Shahzeidi[1], S. Hesami Tackallou[*2], L. Amjad[3], H. Zali[4], A. Iranbakhsh[5]

Received: 01-08-2021 Revised: 14-11-2021 Accepted: 13-12-2021 Available Online: 20-06-2022	**How to cite this article:** Shahzaidi Z., Hesami Tackallou S., Amjad L., Zali H., and Iranbakhsh A. 2022. The Effect of Ultraviolet (UV) Radiation on Photosynthetic Pigments and Biochemical Parameters of *Portulaca oleracea*. Journal of Horticultural Science 36(1): 319-328. (In Persian with English Abstract) **DOI:** 10.22067/JHS.2021.71685.1077

Introduction

UV-C (254-280 nm) and 280-320 nm) UV-B, UV-A (320-390nm) wavelengths are irradiated with three ultraviolet strips and have detrimental effects on the growth of a number of plants. Ultraviolet light is an important non-living factor that can stimulate the production of secondary metabolites, including antioxidant compounds in plants. Ozone depletion and its consequences, including direct UV radiation on the planet and its effects on crops and medicinal plants, are among the topics that have received very little study. Ultraviolet light in nature occurs only at low intensities, but if the inhibitory effect of the ozone layer in the stratosphere is significantly the result of nitrogen and hydrocarbon oxides the weaker the halogen, the higher its amount .

Materials and Methods

Portulaca oleracea seeds were prepared by Pakan Isfahan Company. The aim of this study was the effect of ultraviolet rays at different levels (UV-C: 0, 100, 200, 300, 400, 500, 600, and 700 nm) on the activity of photosynthetic pigments and biochemical traits of portulaca oleracea in factorial in a completely randomized design with three replications. After transferring the seeds of *portulaca oleracea*, the healthy and uniform seeds of this plant were sterilized in 15% sodium hypochlorite solution for 154 minutes and then washed thoroughly with distilled water and placed in a petri dish for germination. Moisture was supplied through filter paper soaked in distilled water. The seeds were planted in pots filled with cocopeat and perlite evenly and watered for 20 days with a half-strength Hoagland solution. Plants were grown for 20 days at a temperature of 30 ± 2 ° C and a light period of 8.16 (light / dark, respectively). Plants for one week, every other day, and for 3 minutes each time by two fluorescent lamps with a wavelength of 260 nm exposed to ultraviolet C (at a distance of 30 cm from the UV light source with an intensity of 27 (w / m2) were located. The traits studied in this study included chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll, carotenoids, phenol, flavonoids, and antioxidant activity. In this study, the effect of ultraviolet light on the activity of photosynthetic pigments and biochemical traits of *portulaca oleracea* was investigated factorially in a completely randomized design with three replications.

Results and Discussion

The results of the mean comparison showed that the UV treatment of chlorophyll a, b, total chlorophyll, carotenoid of portulaca oleracea was reduced compared to the control; However, UV treatment of portulaca oleracea significantly increased phenol, flavonoids, and antioxidants compared to the control. The effect of

1- Ph.D. Student in Biophysics, Department of Biology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
2- Assistant Professor, Department of Biology, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
(*- Corresponding Author Email: s.hesamitakalloo@iauctb.ac.ir)
3- Assistant Professor, Department of Biology, Falavarjan Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran
4- Assistant Professor, Proteomics Research Center, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran
5- Professor, Department of Biology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

different doses of ultraviolet rays on phenol and portulaca oleracea antioxidants showed that the UV-C highest and lowest were 700 and 100 nm, respectively. Decreases in carotenoid content can result in either inhibition of pigment synthesis or their breakdown and degradation. The results of this report indicate significant changes in phenols and flavonoids as compounds it absorbed ultraviolet rays compared to control cells.

Conclusion

It can be said that excessive exposure to radiation may affect chlorophyll levels by inhibiting chlorophyll biosynthesis or accelerating its degradation. Oxygen is an electron receptor in the electron transport system that produces energy from adenosine triphosphate (ATP) in the body. Under certain conditions, oxygen can be converted to a single electron, creating free radicals. When oxygen is converted to a single electron, it is called active oxygen (ROS). These free radicals cause oxidative stress in plants which oxidative stress leads to damage to macromolecules such as DNA, proteins and so on. Environmental stresses, including UV radiation, produce active oxygen species (ROS) such as hydrogen peroxide (H_2O_2), superoxide (O_2^-), and hydroxyl radicals (OH), which cause oxidative stress and cause damage to cells, such as DNA. And cause the destruction of these compounds. The plant contains compounds that act as active antioxidants and sweep away active oxygen. In the present study, the observed increase in phenols, flavonoids and antioxidants indicates an increase in the production of free radicals under ultraviolet radiation and shows that the production of these radicals is more than the plant's defense capacity and has caused damage to plant biological membranes. In summary, the application of controlled ultraviolet light stress can provide a new alternative strategy to increase the productivity of the portulaca oleracea plant. Modulating UV-C light in agricultural systems is a promising tool to increase crop production.

Keywords: Antioxidant, Extract, Flavonoid, Phenol

نشریه علوم باغبانی
https:// jhs.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۶، شماره ۱، بهار ۱۴۰۱، ص ۳۲۸-۳۱۹

تأثیر اشعه ماورابنفش (UV-C) بر رنگیزه‌های فتوسنتزی و پارامترهای بیوشیمیایی گیاه خرفه (*Portulaca oleracea*)

زینب السادات شاه زیدی[۱]- سعید حسامی تکلو[۲*]- لیلا امجد[۳]- حکیمه زالی[۴]- علیرضا ایرانبخش[۵]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۵/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۲۲

چکیده

اشعه ماورا بنفش یک عامل غیرزنده مهم است که می‌تواند تولید متابولیت‌های ثانویه، از جمله ترکیبات آنتی‌اکسیدانی در گیاهان را تحریک کند. تخریب لایه ازن و پیامدهای ناشی از آن ازجمله تابش مستقیم اشعه ماورای بنفش بر کره زمین و اثرات آن بر گیاهان زراعی و داروئی از جمله مباحثی است که مطالعات بسیار کمی روی آن صورت گرفته است. هدف از این پژوهش تاثیر اشعه ماورا بنفش در سطوح مختلف (UV-C: صفر، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰، ۵۰۰، ۶۰۰ و ۷۰۰ نانومتر) روی فعالیت رنگیزه‌های فتوسنتزی و صفات بیوشیمیایی گیاه خرفه در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار بررسی شد. گیاهان به مدت یک هفته، به صورت یک روز در میان و هر بار به مدت ۳ دقیقه توسط دو لامپ فلورسانس با طول موج ۲۶۰ نانومتر در معرض تابش فرابنفش C (در فاصله‌ی ۳۰ سانتی‌متر از منبع نور UV با شدت ۲۷ (وات بر متر مربع) قرار گرفتند. صفات مورد مطالعه در این پژوهش شامل کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، کاروتنوئید، فنل، فلاونوئید و فعالیت آنتی‌اکسیدانی بود. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تیمار اشعه ماورا بنفش کلروفیل a، b، کلروفیل کل، کاروتنوئید گیاه خرفه نسبت به شاهدکاهش یافت؛ اما تیمار اشعه ماورا بنفش گیاه خرفه باعث افزایش معنی‌دار فنل، فلاونوئید و آنتی‌اکسیدان نسبت به شاهد شد. تاثیر دوزهای مختلف اشعه ماورا بنفش بر فنل و آنتی‌اکسیدان گیاه خرفه نشان داد که بیشترین و کمترین UV-C به‌ترتیب در ۷۰۰ و ۱۰۰ نانومتر بود. به طور خلاصه، اعمال تنش نوری فرابنفش به صورت کنترل شده می‌تواند یک استراتژی جایگزین جدید برای افزایش بهره‌وری گیاه دارویی خرفه ارائه دهد. تعدیل نور UV-C در سیستم‌های کشاورزی ابزاری امیدوارکننده برای افزایش تولید محصولات است.

واژه‌های کلیدی: آنتی‌اکسیدان، عصاره، فلاونوئید، فنل

مقدمه

گیاهان مجموعه‌ای از متابولیت‌های ثانویه را به عنوان بخشی از مکانیسم دفاعی کلی خود در پاسخ به استرس زیستی و غیرزیستی تولید، جمع‌آوری و از آن‌ها استفاده می‌کنند. بسیاری از این متابولیت‌ها به عنوان دارو برای سلامت انسان در سراسر جهان مورد استفاده قرار گرفته است. در سال‌های اخیر، افزایش تقاضا برای مقادیر بیشتری از متابولیت‌های ثانویه مانند فنل‌ها، آلکالوئیدها، روغن‌های اساسی، ترپنوئیدها و گلیکوزیدها وجود دارد. هنگامی که از نور ماورا بنفش (UV) در کشت سلول و کالوس استفاده می شود، این اجزا اغلب تولید می‌شوند. علاوه بر این، تاثیر آلودگی‌های جوی بر لایه ازن استراتوسفر منجر به افزایش تابش اشعه ماورا بنفش خورشید به سطح

۱- دانشجوی دکتری بیوفیزیک، گروه زیست‌شناسی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۲- استادیار، گروه زیست‌شناسی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
(*- نویسنده مسئول: (Email: s.hesamitakalloo@iauctb.ac.ir
۳- استادیار، گروه زیست‌شناسی، واحد فلاورجان، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران
۴- استادیار، مرکز تحقیقات پروتئومیکس، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران
۵- استاد گروه زیست‌شناسی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

DOI: 10.22067/JHS.2021.71685.1077

زمین شده است که ممکن است اثرات منفی بر تولید محصولات کشاورزی و اکوسیستم‌های گیاهی طبیعی داشته باشد (Bhat *et al*., 2007; Stalikas, 2007; Pourakbar and Abedzadeh, 2014). به طور تقریبی، ۹ درصد از طیف خورشید از اشعه ماورا بنفش تشکیل شده است که به سه دسته UV-A (320-400 nm)، UV-B (280-320 nm) و UV-C (200-280 nm) تقسیم می‌شوند. افزایش اشعه ماورا بنفش، از جمله تخریب DNA، پروتئین و چربی و تغییرات ساختاری، همچنین تغییرات بر مورفولوژی و تغییرات فتوسنتزی در گیاه تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم بر گیاهان دارد (Bhat *et al*., 2007). در گیاهان، تغییرات بین و درون گونه‌ای قابل توجهی در پاسخ به تابش UV-B از نظر رشد، تولید ماده خشک و تغییرات متابولیک ثبت شده است (Alexieva *et al*., 2001). نگرانی‌هایی در مورد افزایش اشعه ماورا بنفش (UV-B) خورشیدی (۲۸۰-۳۲۰ نانومتر) به سطح زمین در اثر تخریب ازن رسیده است که ممکن است به حیوانات و گیاهان آسیب برساند. رشد و نمو گیاه، و همچنین تولید مثل، می‌تواند تحت تأثیر افزایش تابش اشعه ماورا بنفش (Singleton and Rossi, 1965) قرار گیرد، که عواقب شدیدی بر عملکرد گیاه و اقتصاد آن دارد. تنش اشعه ماورا بنفش تأثیر عمده‌ای روی سیستم‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاه دارد. درجه و مدت تنش اشعه ماورا بنفش تغییرات مورفولوژیک، ساختاری و عملکردی را تعیین می‌کند. قابلیت سازگاری گیاهان تحت تنش خفیف حفظ شده و تغییرات مشاهده شده برگشت‌پذیر است. مکانیسم‌های محافظتی گیاهان در برابر استرس UV-C می تواند شامل تشکیل ترکیبات فنلی در بافت های اپیدرم خارجی، تولید ترکیبات آنتی‌اکسیدان و افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان برای ترمیم آسیب گیاهان توسط اشعه ماورا بنفش باشد. طول موج UV-C (بسیار پرانرژی) منجر به آسیب‌دیدگی خیلی سریع می‌شود. مکانیسم‌های جبرانی برای سرکوب رادیکال های آزاد تولید شده توسط اشعه ماورا بنفش بذرها شامل آنتی‌اکسیدان‌ها و پراکسیداز است (Publishing *et al*., 2005). خرفه (*Portulaca oleracea*) به عنوان یک گیاه خوراکی به لحاظ تغذیه‌ای و دارویی با اهمیت است. این گیاه دارویی که معمولا به صورت خودرو در باغچه منازل، کنار جوی‌ها و در مناطق مرطوب می‌روید، شاید زیاد مورد توجه نباشد، اما کشف‌های مهمی در مورد آن انجام شده که توسط سازمان بهداشت جهانی لقب اکسیر جهانی به آن داده شده است. این گیاه به دلیل خواص آنتی‌اکسیدانی و مقدار بالای مواد مغذی آن از سوی این سازمان متداول‌ترین گیاه دارویی مورد استفاده در جهان ذکر شده است (Bahat *et al*., 2007). پژوهش حاضر با هدف بررسی تاثیر اشعه ماورا بنفش و مطالعه اثرات احتمالی آن‌ها بر صفات بر رنگیزه‌های فتوسنتزی و پارامترهای بیوشیمیایی گیاه خرفه (*Portulaca oleracea*) انجام شده است.

مواد و روش‌ها

بذرهای گیاه خرفه از شرکت پاکان اصفهان تهیه گردید. پس از انتقال بذرهای گیاه خرفه، بذرهای سالم و یکنواخت این گیاه به مدت ۱۵۴ دقیقه در محلول ۱۰ درصد هیپوکلریدسدیم استریل شده و سپس با آب مقطر کاملاً شسته شدند. رطوبت از طریق کاغذ صافی‌های خیس شده توسط آب مقطر تامین شد. بذرها در گلدان‌هایی که درون آن‌ها با کوکوپیت و پرلیت به نسبت مساوی پر شده بود کشت داده شده و به مدت ۲۰ روز توسط محلول هوگلند نیم قدرت، آبیاری شدند. طی بیست روز گیاهان در دمای ۲±۳۰ درجه سانتی‌گراد و دوره نوری ۸/۱۶ (به ترتیب نور/ تاریکی) کشت داده شدند. سپس گیاهان به مدت یک هفته، به صورت یک روز در میان و هر بار به مدت ۳ دقیقه توسط دو لامپ فلورسانس با طول موج ۲۶۰ نانومتر در معرض تابش فرابنفش C (در فاصله‌ی ۳۰ سانتی‌متر از منبع نور UV با شدت ۲۷ (وات بر متر مربع) با سطوح تیماری (صفر، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰، ۵۰۰، ۶۰۰ و ۷۰۰ نانومتر) قرار گرفتند. هر گلدان در حکم یک تکرار منظور شده و از هر تیمار ۵ تکرار صورت گرفت. تیمارهای انجام شده در این مطالعه عبارتند از: الف) گیاهان شاهد، ب) گیاهان در معرض تابش فرابنفش C .

تعیین غلظت کلروفیل a و b، کلروفیل کل و کاروتنوئیدها در برگ‌های گیاه با استفاده از روش (Lichthentaler, 1987) انجام شد. مطابق این روش ۰/۱ گرم از بافت تر برگ وزن شده و با استون ۸۰ درصد سائیده و رنگیزه‌ها استخراج شد، پس از صاف کردن نمونه‌ها با کاغذ صافی واتمن جذب درطول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۷ و ۴۷۰ نانومتر با اسپکتروفتومتر خوانده شد و مقدار کلروفیل a، b، کلروفیل کل و مقدار کاروتنوئید با استفاده از فرمول‌های زیر بر حسب میلی‌گرم در لیتر محاسبه شد.که در آن A جذب خوانده شده در طول موج مورد نظر برحسب میلی‌گرم در لیتر غلظت کاروتنوئیدها (کاروتن و گزانتوفیل) و کلروفیل a و b است.

$C_a = 12.25\, A663.2 - 2.79\, A646.8$

$C_b = 21.50\, A646.8 - 5.1\, A663.2$

$C+ = C_a + C_b$

$C_x + C = (1000\, A470 - 1.82\, C_a - 8.02\, C_b)/198$

برای سنجش فنل کل، ۰/۰۲ گرم گالیک اسید خشک برای نمونه شاهد مثبت را در ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر حل کرده، سپس مقادیر ۸۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ میکرولیتر از محلول برداشته با آب مقطر به حجم یک میلی‌لیتر رسید. سپس یک میلی‌لیتر معرف فولین ۱۰ درصد و یک میلی‌لیتر کربنات سدیم هفت درصد به آن اضافه و محلول ها برای مدت زمان ۳۰ دقیقه تکان داده شد. نهایتاً جذب محلول‌های شاهد در طول موج ۷۶۵ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شدند (Salama *et al*., 2011).

میزان فلاونوئید به روش رنگ سنجی کلرید آلومینیوم و برحسب

استاندارد روتین اندازه‌گیری شد. ابتدا ۰/۰۱گرم از عصاره در ۱۰میلی‌لیتر متانول ۶۰ درصد در لوله آزمایش مخلوط شده بدین ترتیب محلول استوک (مادر) تهیه شد. سپس حجم‌های ۲۵۰، ۵۰۰، ۷۵۰ و ۱۰۰۰ میکرولیتر از محلول برداشته و یک میلی لیتر از محلول کلرید آلومنیوم دو درصد به آن اضافه گردید. سپس شش میلی‌لیتر از محلول استات پتاسیم ۵ درصد به آن افزوده شده و به مدت ۴۰ دقیقه روی شیکر قرار داده و نهایتاً جذب محلول‌های در طول موج ۴۱۵ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد. نمونه بلانک در این آزمایش دو میلی‌لیتر کلرید آلومینیوم دو درصد و دو میلی‌لیتر محلول استات پتاسیم ۵ درصد می‌باشد. مقدار کل فلاونوئید عصاره‌ها با استفاده از منحنی استاندارد روتین محاسبه شد (Krizek *et al.*, 1998).

جهت تهیه عصاره متانولی یک گرم پودر گیاه را وزن کرده و درون یک ارلن ۲۰۰ میلی‌لیتری ریخته و با ۱۵ میلی‌لیتر متانول ۸۰ درصد مخلوط و روی شیکر قرار داده شد. پس از گذشت ۴۸ ساعت، محلول از کاغذ صافی عبور داده شد و در دمای محیط خشک گردید. عصاره حاصل درون فویل آلومینیومی پیچیده شد و درون یخچال تا زمان استفاده نگه‌داری شد (Chen *et al.*, 2014).

اثر آنتی‌اکسیدانی عصاره با استفاده از روش اندازه‌گیری کاهش ظرفیت رادیکالی به کمک ۲،۲- دی فنیل-۱ پیکریل هیدرازیل مورد ارزیابی قرار گرفت. در این آزمایش به عنوان کنترل مثبت از آنتی اکسیدان سنتزی اسید آسکوربیک استفاده شد. برای این منظور مقدار ۰/۰۲ گرم اسید آسکوربیک در ۱۰ میلی لیتر آب مقطر حل شد. بدین ترتیب محلول مادر تهیه شد، برای رسم منحنی کالیبراسیون مقادیر حجم ۸۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ میکرولیتر از محلول مذکور برداشته مخلوط شد و با سه میلی لیتر سمپل بلانک که از قبل تهیه شده (۰/۰۰۴ گرم DPPH در ۱۰۰ میلی‌لیتر متانول) و برای مدت زمان ۳۰ دقیقه در تاریکی تکان داده شد. جذب محلول‌های شاهد بعد از این مدت زمان در طول موج ۵۱۷ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر خوانده شد. برای محاسبه ظرفیت آنتی اکسیدان از رابطه زیر استفاده و نتیجه بر حسب درصد گزارش گردید (Mahdavian *et al.*, 2008).

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی (%) = $[(AC-AS)/AC] \times 100$

AC=جذب کنترل

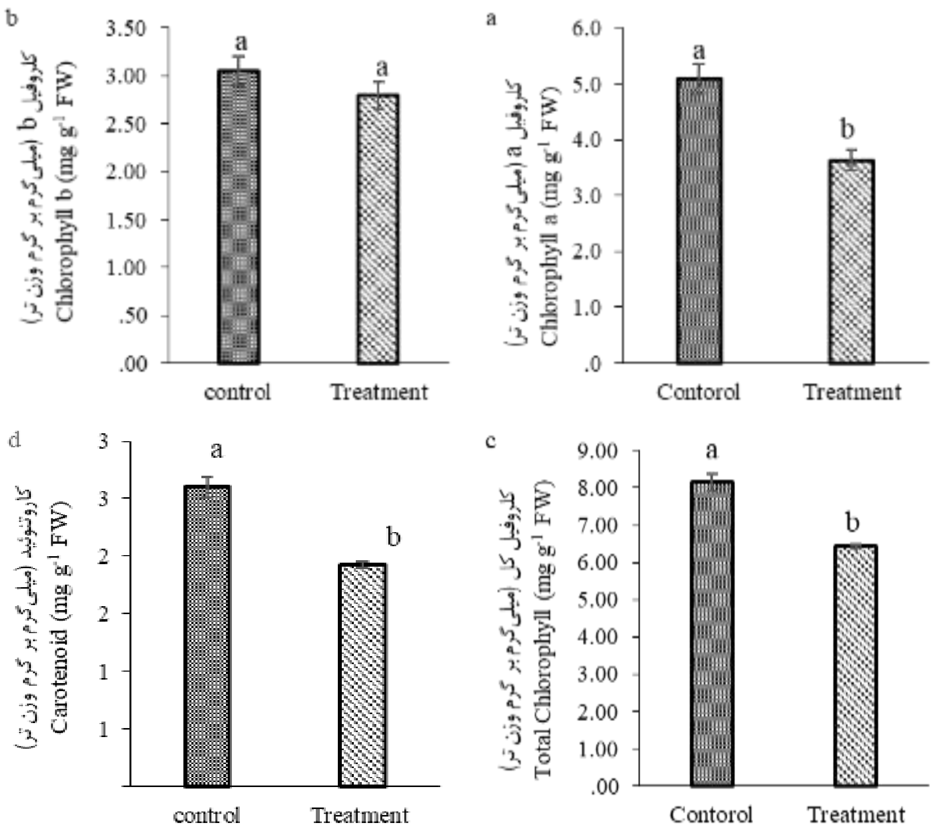
AS = جذب نمونه

آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با نرم افزار (SAS (V 9.4 و مقایسه میانگین‌ها باآزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

کلروفیل a، b، کلروفیل کل و کاروتنوئید

با بررسی نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، تیمار ماورا بنفش (UV) به ترتیب به میزان ۲۸/۶۹، ۸/۵۰، ۲۱/۱۲ و ۲۵/۷۵ درصد کلروفیل a، b، کلروفیل کل و کاروتنوئید گیاه خرفه نسبت به شاهد کاهش یافت (شکل ۱). می‌توان گفت قرارگیری بیش از حد در برابر اشعه ممکن است از طریق مهار بیوسنتز کلروفیل یا تسریع در تخریب آن، بر میزان کلروفیل تأثیر بگذارد (Zho *et al.*, 2007). این نتایج همسو با پژوهش (Salama *et al.*, 2011) روی تأثیر اشعه ماورا بنفش در گیاهان بیابانی سالاته مشاهده شد که میزان کلروفیل a، b و محتوای کل در مقایسه با کنترل کاهش یافته است. در مطالعه (Sarghein *et al.*, 2008) بر تأثیر اشعه ماورابنفش بر رنگدانه‌های فتوسنتزی و ترکیبات جاذب UV در *Capsicum longum* L. نشان داد که محتوای کلروفیل a و b در گیاهان در معرض UV-R کمی کاهش می‌یابد و اگرچه این کاهش معنی‌دار نیست، مقدار کلروفیل کل (Chl-T) به ویژه در معرض UV-C به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد غلظت کاروتنوئیدها در گیاهان نیز در گیاهان در معرض اشعه ماورابنفش کاهش می‌یابد (Jahanbakhsh *et al.*, 2011). در مطالعه دانه و صفات کیفی ذرت شیرین (*Zea mays* L.var. Sacarata) تحت تیمارهای کم آبی، تشعشع فرابنفش و ازدیاد دی اکسید کربن را بررسی کردند و نتیجه گرفتند که مقدار پرولین، کلروفیل a، b، کلروفیل کل و کاروتنوئیدها و فلاونوئیدها تحت تاثیر UV-C کاهش یافت. در پژوهش (Casati *et al.*, 2002) گزارش کردند که کلروفیل کل (به دلیل کاهش کلروفیل a وb) کاروتنوئید، پروتئین‌های محلول، قندهای محلول، نشاسته و ترکیبات جذب کننده‌ی تابش فرابنفش در گیاهان رشد یافته تحت تاثیر UV-C کاهش یافت. در گزارش (Mahdavian *et al.*, 2008) تأثیر اشعه ماورا بنفش بر روی محتوای کلروفیل، فلاونوئید، آنتوسیانین و پرولین در *Capsicum annuum* L. را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که محتوای کلروفیل a، b و کاروتنوئیدهای برگ فلفل در گیاهانی که در معرض اشعه UV-B و UV-C قرار داشتند به طور قابل توجهی کاهش یافت. در تحقیق (Costa *et al.*, 2006) گلدان‌های کلم بروکلی را تحت تیمار با اشعه ماورابنفش، قرار دادند و نتیجه گرفتند که کلروفیل‌های a، b و کلروفیل کل بخصوص در UV-C کاهش می‌یابد. در پژوهشی (Khalili *et al.*, 2019) تغییرات رنگیزه‌ها و متابولیت‌های ثانویه گیاهچه درمنه کوهی در پاسخ به پرتوهای UV و زمان نمونه گیری در شرایط آزمایشگاهی بررسی شد و به این نتیجه رسیدند که کلروفیل‌های a، b و کلروفیل کل در تمام تابش‌ها به غیر از UV-A کاهش یافت و بیشترین کاهش در تابش (UVB+C) گزارش کردند.



شکل ۱- تاثیر اشعه ماورابنفش (UV-C) بر میزان a) کلروفیل a، b) کلروفیل b، c) کلروفیل کل و d) کاروتنوئید گیاه خرفه (*Portulaca oleracea*)

Figure 1- The effect of ultraviolet (UV-C) radiation on the amount of a) chlorophyll a, b) chlorophyll b, c) total chlorophyll, and d) carotenoid of *Portulaca oleracea*

(DMRT, $p \le 0.05$)

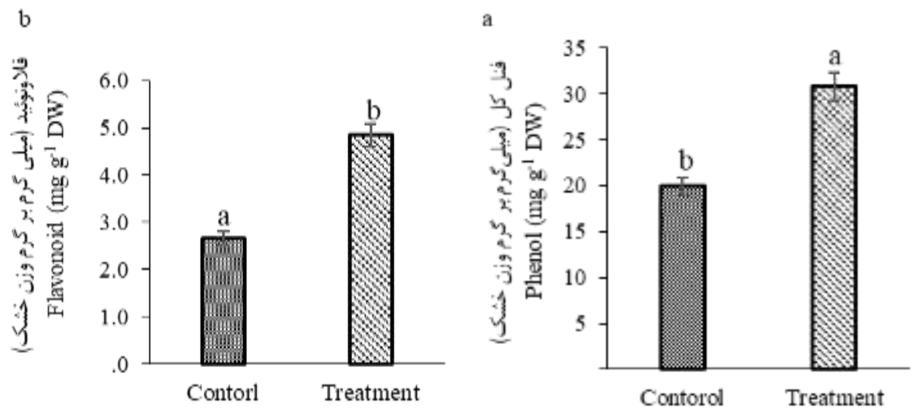
میزان فنل و فلاونوئید

نتایج گویای آن بود که تیمار ماورابنفش به ترتیب به میزان ۵۴/۴۵ و ۸۱/۸۷ افزایش فنل و فلاونوئید نسبت به شاهد را نشان داد (شکل ۲). مقایسه میانگین تیمارهای مختلف اشعه ماورا بنفش بر میزان فنل نشان داد که به ترتیب بیشترین و کمترین میزان به تیمار ۷۰۰ و ۱۰۰ UV-C تعلق دارد (شکل ۳). اکسیژن گیرنده الکترون در سیستم انتقال الکترون است که از آدنوزین‌تری فسفات (ATP) در بدن انرژی تولید می کند. تحت شرایط خاص، اکسیژن ممکن است به یک الکترون منفرد تبدیل شود و رادیکال‌های آزاد، ایجاد کند. وقتی اکسیژن به یک الکترون منفرد تبدیل می‌شود، اکسیژن فعال (ROS) نامیده می‌شود. این رادیکال های آزاد باعث ایجاد تنش اکسیداتیو در گیاهان می شود که تنش اکسیداتیو منجر به آسیب های بر روی ماکرومولکول‌ها مانند DNA، پروتئین‌ها و غیره می‌گردد (Pietta, 2000). یکی از این ترکیبات که از تولید گونه های اکسیژن فعال جلوگیری و جاروب می کند ترکیبات فنلی است. در گیاهان این ترکیبات طی دو مسیر بیوسنتزی که مسیر اول شیکیمیک اسید و مسیر دوم موالونیک اسید تولید می شوند. در گیاهان بیش از ۱۱۰۰۰ ترکیب فنلی شناسایی شده است که از فنل ساده تا فنل‌ها پیچیده تشکیل شده‌اند (Bravo, 1998). ترکیبات فنلی با توجه به ساختار آگلیکون ها به دو گروه تقسیم بندی می شوند. گروه اول این ترکیبات در ساختارشان مشتقات بنزوئیک اسید وجود دارد که به عنوان ترکیبات اسیدهای فنلی شناخته شده است و گروه دوم در ساختارشان ترکیبات فنیل پروپانوئید وجود دارد که شامل فلاونوئیدها و هیدروکسی سینامیک اسیدها هستند (0Mandal *et al*., 201). ترکیبات فنلی در بسیاری فرآیندهای فیزیولوژیکی و ریخت شناسی (رنگ)، رشد (جذب مواد تغذیه ای)، تولید مثل (جذب پرندگان و حشرات برای گرده افشانی) و حفاظت در برابر پاتوژن‌ها و عوامل تنش‌زا مانند پرتو UV نقش مهمی را ایفا می کند (Stalikas, 2007). فلاونوئیدها بزرگترین گروه متابولیت های ثانویه و مهم ترین گروه از آنتی‌اکسیدان های طبیعی هستند. آن ها از نظر ساختار شیمیایی، دارای

یک ساختمان سه حلقه‌ای فنیل بنزوپیران (به جز چالکون)، از نظر بیوسنتزی، ازفنیل آلانین و مالونیل کوآ طی مسیر فنیل پروپانوئید ایجاد می گردند. فلاونوئیدها، به عنوان رنگدانه‌های گیاهی، معمولاً رنگ‌های جالبی را در گلبرگ‌ها تولید می‌کنند وقتی تحت پرتو بنفش تحریک می شوند، بسیار فلورسنت می شوند. فلاونوئیدها شامل فلاونول‌ها، فلاون، ایزوفلاونوئید و آنتوسیانین می‌باشند (Agati *et al.*, 2012). ترکیبات فلاونوئیدی یا مشتقات هیدروکسی اسید سینامیک ترکیباتی هستند که پرتوهای UV را جذب می کنند و در اپیدرم و یا در واکوئل سلول‌ها قرار می‌گیرند و از نفوذ پرتوهای UV و آسیب این پرتوها به بافت‌های فتوسنتزی جلوگیری می‌کنند (Agati *et al.*, 2012). نتایج این تحقیق نشان داد که مقدار ترکیبات فنل تفاوت معنی داری را در برگ گیاه خرفه تحت اشعه فرابنفش C داشته است. نتایج این پژوهش نشان داد فلاونوئید در گیاه خرفه تحت تیمار با اشعه نسبت به شاهد افزایش یافته است. در بررسی اثر زمان تابش UV-C بر روی میزان فنل کل و فلاونوئید در برگ *clerodendrum volubile* نشان داد که محتوای فنلی کل و فلاونوئید با افزایش زمان تابش UV-C افزایش می‌یابد (Adetuyi *et al.*, 2020). گزارشات متعدد شده است که تاثیر اشعه UV-C بر روی میوه بلوبری (*Vaccinium corymbosum*)، سرکلم بروکلی (*Brassica oleracea*) و میوه گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum*) باعث افزایش محتویات فنلی در آن‌ها شده است (Costa *et al.*, 2006; Perkins-Veazie *et al.*, 2008; Li *et al.*, 2017). که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. افزایش در محتوای فنلی برگ های گیاه خرفه را می توان به علت افزایش فعالیت فنیل آلانین آمونیالیاز (PAL) و کالکون سنتاز نسبت داد. که مسئول بیوسنتز ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی در بافتهای گیاه توسط اشعه UV-C است (Papoutsis *et al.*, 2016). بررسی‌های (Alothman *et al.*, 2009) افزایش ترکیبات فنلی و فلاونوئید در میوه‌های آناناس، موز و گواوا مشاهده کردند. در تحقیقاتی کاربرد اشعه ماورا بنفش C روی گوجه‌فرنگی افزایش محتوای فنلی کل را در مقایسه با شاهد نشان داد. افزایش محتوای فنل کل پس از تیمارهای UV-C را می توان مکانیسم سازگاری گوجه‌فرنگی به دلیل استرس UV دانست (Pinheiro *et al.*, 2015). در بررسی (Bhat *et al.*, 2007) بیان کردند که افزایش ترکیبات فنلی نیز می تواند به دلیل دپلیمریزاسیون و انحلال دیواره سلول پلی‌ساکاریدها گیاهان توسط اشعه ماورا بنفش C که باعث قابلیت استخراج فنل‌ها را افزایش دهد. در پژوهش (Balouchi *et al.*, 2008) نتیجه گرفتند که با کاهش طول موج تابش فرابنفش مقدار رنگدانه‌های آنتوسیانین و فلاونوئید گندم افزایش می‌یابد.

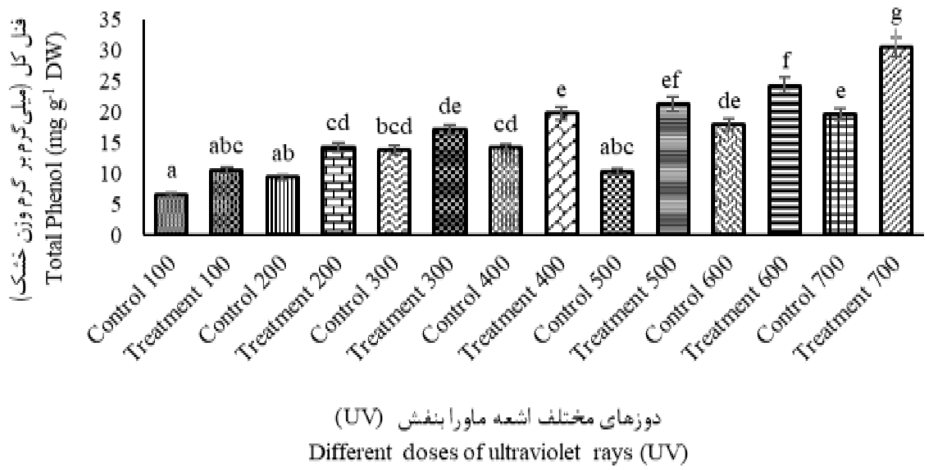
میزان آنتی‌اکسیدان

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تیمار ماورابنفش بر میزان آنتی‌اکسیدان ۱۷/۳۷ درصد نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری را نشان داد (شکل ۴). مقایسه میانگین میزان آنتی‌اکسیدان نشان داد که به ترتیب بیشترین و کمترین میزان در تیمار ۷۰۰ و ۱۰۰ UV-C مشاهده شد (شکل ۵). تنش‌های محیطی از جمله پرتو UV باعث تولید اکسیژن ها فعال (ROS) از جمله پراکسید هیدروژن (H_2O_2)، سوپراکسید (O_2^-) و رادیکال های هیدروکسیل (OH) شده است که سبب ایجاد تنش اکسیداتیو ایجاد می کند و برای ترکیبات سلولی مانند DNA، پروتئین‌ها مضرند و باعث تخریب این ترکیبات می‌شوند. در گیاه ترکیباتی وجود دارد که به عنوان آنتی اکسیدانی فعال عمل می‌کند و اکسیژن‌های فعال را جاروب می‌کنند (Zhang and Björn, 2009). در نتایج پور اکبر و عابدزاده (Pourakbar and Abedzadeh, 2014) نشان داده شد که اثر پرتوهای فرابنفش UV-B و UV-C بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در گیاه بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.) افزایش معنی‌داری را نسبت به شاهد نشان داد.



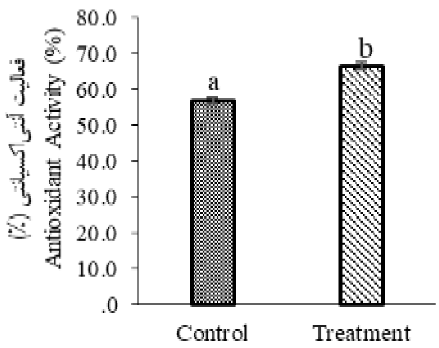
شکل ۲- تاثیر اشعه ماورابنفش (UV-C) بر میزان a) فنل و b) فلاونوئید گیاه خرفه (*Portulaca oleracea*)

Figure 2- The effect of ultraviolet (UV-C) radiation on the amount of a) phenol and b) flavonoid of *portulaca oleracea* (DMRT, $p \leq 0.05$)



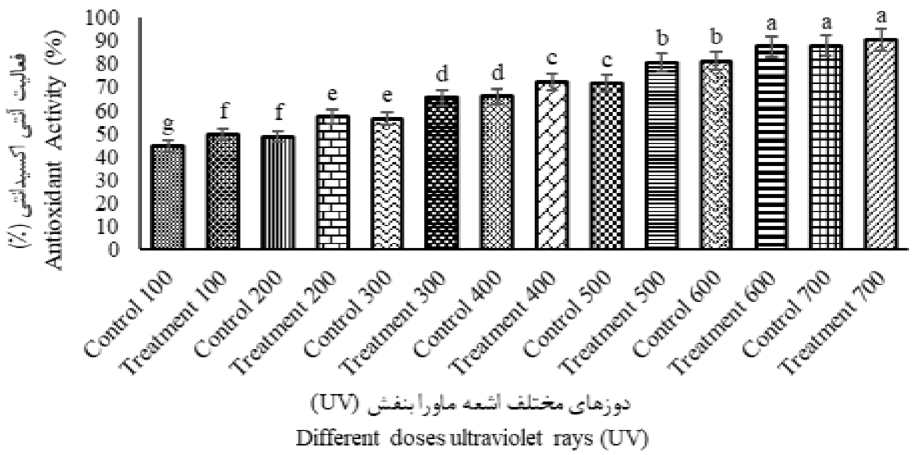
شکل ۳- تاثیر سطوح مختلف اشعه ماورابنفش (UV-C) بر میزان فنل گیاه خرفه (*Portulaca oleracea*)

Figure 3- The effect of different doses of ultraviolet (UV-C) radiation on the phenol content of *portulaca oleracea* (DMRT, *p≤0.05*)



شکل ۴- تاثیر اشعه ماورابنفش (UV-C) بر میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه خرفه (*Portulaca oleracea*)

Figure 4- The effect of ultraviolet (UV-C) radiation on the antioxidant activity of *Portulaca oleracea* (DMRT, *p≤0.05*)



شکل ۵- تاثیر سطوح مختلف اشعه ماورابنفش (UV-C) بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه خرفه *Portulaca oleracea*)

Figure 5- The effect of different levels of ultraviolet (UV-C) radiation on the antioxidant activity of *Portulaca oleracea* (DMRT, *p≤0.05*)

نتیجه‌گیری

با توجه به ارزش دارویی و غذایی گیاه خرفه و همچنین اثرات سو مصـرف کودهـای شـیمیایی در بخـش کشـاورزی، انجـام تحقیقـات گسترده در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت گیاهان دارویـی و کـاربرد اشعه ماورا بنفش به عنوان محرک رشد جهت افزایش متابولیـت‌هـای ثانویه در این گیاه امری ضروری است. با توجه بـه خـواص دارویـی و آنتی‌اکسیدانی ترکیب‌هـای فنـولی و فلاونوئیـدی خرفـه در سـلامتی انسان و همچنین، با توجه به نقش دفاعی این ترکیب ها در برابر پرتو فرابنفش برای گیاهان ایفا می‌نمایند، می‌توان به طور موثر از پرتوهای UV برای افزایش ترکیب‌های مفید در گیاهان بهره برد

منابع

1. Adetuyi F.O., Karigidi K.O., and Akintimehin E.S. 2020. Effect of postharvest UV-C treatments on the bioactive components, antioxidant and inhibitory properties of clerodendrum volubile leaves. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences 119(1): 7-13. DOI: 10.1016/j.jssas.2018.03.005.
2. Agati G., Azzarello E., Pollastri S., and Tattini M. 2012. Flavonoids as antioxidants in plants: location and functional significance. Plant Science 196: 67-76. DOI: 10.1016/j.plantsci.2012.07.014.
3. Alexieva V., Sergiev I., Mapelli S., and Karanov E. 2001. 'The effect of drought and ultraviolet radiation on growth and stress markers in pea and wheat'. Plant, Cell & Environment 24(12): 1337-1344. DOI:10.1046/j.1365-3040.2001. 00778. x.
4. Alothman M., Bhat R., and Karim A.A. 2009. UV radiation-induced changes of antioxidant capacity of fresh-cut tropical fruits. Innovative Food Science & Emerging Technologies 10(4):512-6. DOI: 10.1016/j.ifset.2009.03.004.
5. Balouchi H.R., Modarres Sanavy S.A.M., Emam Y., and BarzeGar M.O.H.S.E.N. 2008. Effect of Water Deficit, Ultraviolet Radiation and Carbon Dioxide Enrichment on Leaf Qualitative Characters of Durum Wheat (*Triticum turgidum* L.). Isfahan University of Technology-Journal of Crop Production and Processing 12(45): 167-181. DOI: 20.1001.1.24763594.1387.12.45.15.2.
6. Bhat R, Sridhar K.R., and Tomita-Yokotani K. 2007. Effect of ionizing radiation on antinutritional features of velvet bean seeds (*Mucuna pruriens*). Food Chemistry 103: 860–866. DOI:10.1016/j.foodchem.2006.09.037.
7. Booij-James I.S., Dube S.K., Jansen M.A., Edelman M., and Mattoo A.K. 2000. 'Ultraviolet B radiation impacts light-mediated turnover of the photosystem II reaction center heterodimer in *Arabidopsis* mutants altered in phenolic metabolism'. Plant Physiology 124(3): 1275-1284. DOI:10.1104/pp.124.3.1275.
8. Bravo L. 1998. Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. Nutrition Reviews 56(11): 317-33. DOI: 10.1111/j.1753-4887. 1998.tb01670.x.
9. Casati P., Lara M.V., and Andreo C.S. 2002. Regulation of enzymes involved in C 4 photosynthesis and the antioxidant metabolism by UV-B radiation in Egeria densa, a submersed aquatic species. Photosynthesis Research 71(3): 251-64. DOI:10.1023/A:1015543208552.
10. Chen J., Xiao Q., Wang C., Wang W.H., Wu F.H., He B.Y., Zhu Z, Ru Q.M., Zhang L.L., and Zheng H.L. 2014. Nitric oxide alleviates oxidative stress caused by salt in leaves of a mangrove species, Aegiceras corniculatum. Aquatic Botany 117: 41-47. DOI: 10.1016/j.aquabot.2014.04.004.
11. Costa L., Vicente A.R., Civello P.M., Chaves A.R., and Martínez G.A. 2006. UV-C treatment delays postharvest senescence in broccoli florets. Postharvest Biology and Technology 39(2): 204-210. DOI:10.1016/j.postharvbio.2005.10.012.
12. Hollosy F. 2002. Effects of ultraviolet radiation on plant cells. Micron 33: 179-197. DOI:10.1016/S0968-4328(01)00011-7.
13. Jahanbakhsh H., Secondary teacher S., A., M. Qanati F., Tavakoli M., and Panahi A. 2014. Evaluation of grain yield and quality traits of sweet corn (*Zea mays* L. var. Sacarata) under treatments of dehydration, ultraviolet radiation and carbon dioxide increase. Iranian Crop Science 45 (3): 355-344. DOI:10.22059/ijfcs.2014.53530.
14. Khalili M., Razavizadeh R., and Forghani A. 2019. Changes in pigments and secondary metabolites ofArtichoke seedlings in response to UV rays and sampling time in vitro. Plant Biology of Iran (2) 11: 22. DOI: 10.22108/ijpb.2019.116190.1146.
15. Krizek D.T., Britz S.J., and Mirecki R.M. 1998. Inhibitory effects of ambient levels of solar UV-A and UV-B radiation on growth of cv. New Red Fire lettuce. Physiologia Plantarum 103: 1-7. DOI:10.1034/j.1399-3054.1998. 1030101.x.
16. Li P., Yu X., and Xu B. 2017. Effects of UV-C light exposure and refrigeration on phenolic and antioxidant profiles of subtropical fruits (Litchi, Longan, and Rambutan) in different fruit forms. Journal of Food Quality DOI: 10.1155/2017/8785121.
17. Lichthentaler H. 1987. Chlorophyll and carotenoids-pigments of photosynthetic biomembranes. In: Methods in

Enzymology (eds. Colowick, S. P. and Kaplan, N. O.) Academic Press, Sandiego, New York. DOI: 10.1016/0076-6879(87)48036-1.

18. Mahdavian K., Ghorbanli M., and Kalantari K.M. 2008. The effects of ultraviolet radiation on the contents of chlorophyll, flavonoid, anthocyanin and proline in *Capsicum annuum* L. Turkish Journal of Botany 32(1): 25-33.
19. Mandal S.M., Chakraborty D., and Dey S. 2010. Phenolic acids act as signaling molecules in plant-microbe symbioses. Plant Signaling & Behavior 5(4): 359-68. DOI:10.4161%2Fpsb.5.4.10871.
20. Nanjo F., Goto K., Seto R., Suzuki M., Sakai M., and Hara Y. 1996. Scavenging effects of tea catechins and their derivatives on 1, 1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical. Free Radical Biology and Medicine 21(6): 895-902. DOI: 10.1016/0891-5849(96)00237-7.
21. Papoutsis K., Quan V., Pristijono V.P., Golding J.B., Bowyer M.C., Scarlett C.J., and Stathopoulos C.E. 2016. Enhancing the total phenolic content and antioxidantsof lemon pomace aqueous extracts by applying uv-c irradiation to the dried powder. Foods 5(55): 1–10. DOI: 10.3390/foods5030055.
22. Perkins-Veazie P., Collins J.K., and Howard L. 2008. Blueberry fruit response to postharvest application of ultraviolet radiation. Posth. Biology Technology 47(3): 280–285. DOI:10.1016%2Fj.postharvbio.2007.08.002.
23. Pietta P.G. 2000. Flavonoids as antioxidants. Journal Natural Production 63(7): 1035-42. DOI: 10.1021/np9904509.
24. Pinheiro J., Alegria C., Abreu M., Goncalves E.M., and Silva C.L.M. 2015. Use of UV-C postharvest treatment for extend1ing fresh whole tomato (*Solanum lycopersicum*, cv. Zinac) shelf-life. Journal Food Science Technology 52(8): 5066–5074. DOI: 10.1007%2Fs13197-014-1550-0.
25. Pourakbar L., and Abedzadeh M. 2014. The effect of UVB-C and UV-C rays on the activity of antioxidant enzymes in Lemongrass (*Melissa officinalis* L.) and the effect of salicylic acid in reducing the stress caused by ultraviolet rays. Iranian Journal of Plant Biology 21: 23-34. DOI:20.1001.1.20088264.1393.6.21.4.9.
26. Publishing Sh., Turkzadeh M., Manouchehri Kalantari Kh., and Ghorbanli M.L. 2005. Effect of different UV bands on pigments in soybean leaf (*Glycine max* L.). Biology of Iran 18(1): 77-84.
27. Razavizadeh R., and Komatsu S. 2018. 'Changes in essential oil and physiological parameters of callus and seedlings of *Carum copticum* L. under in vitro drought stress'. Journal of Food Measurement and Characterization 12(3): 1581-1592. DOI: 10.1007%2Fs11694-018-9773-9.
28. Rogozhin V.V., Kuriliuk T.T., and Filippova N.P. 2000. Change in the reaction of the antioxidant system of wheat sprouts after UV-irradiation of seeds. Biofizika 45: 730-736.
29. Salama H.M., Al Watban A.A., and Al-Fughom A.T. 2011. Effect of ultraviolet radiation on chlorophyll, carotenoid, protein and proline contents of some annual desert plants. Saudi Journal of Biological Sciences 18(1): 79-86. DOI: 10.1016/j.sjbs.2010.10.002.
30. Sarghein S.H., Carapetian J., and Khara J. 2008. Effects of UV-radiation on photosynthetic pigments and UV absorbing compounds in *Capsicum longum* (L.). International Journal of Botany DOI:10.3923/ijb.2008.486.490.
31. Singleton, V.L. and Rossi, J.A. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic phosphotungstic acid reagents. American Journal of Enology and Viticulture 16: 144-158.
32. Stalikas C.D. 2007. Extraction, separation, and detection methods for phenolic acids and flavonoids. Journal of Separation Science 30(18):3268-95. DOI: 10.1002/jssc.200700261.
33. Teramura A.H., and Sullivan J.H. 1994. Effects of terrestrial plants. Photosynthesis Research 39: 463-473. DOI:10.1007/BF00014599.
34. Zhang W.J., and Björn L.O. 2009. 'The effect of ultraviolet radiation on the accumulation of medicinal compounds in plants'. Fitoterapia 80(4): 207-218. DOI: 10.1016/j.fitote.2009.02.006.
35. Zhao G.Q., Ma B.L., and Ren C.Z. 2007. Growth, gas exchange, chlorophyll fluorescence, and ion content of naked oat in response to salinity. Crop Science 47(1): 123-131. DOI:10.2135/cropsci2006.06.0371.